
УДК 62-525

О.В. Узунов канд.техн.наук, І.В. Ночніченко, О.С. Галецький
НТУ України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНИХ ЗМІН ХАРАКТЕРИСТИК ДРОСЕЛІВ НА РОБОТУ ГІДРАВЛІЧНОГО АМОРТИЗАТОРА

Работа направлена на стабилизацию характеристик гидравлического амортизатора, изменяющихся под действием температуры. Экспериментальное исследование позволило оценить влияние характеристик дросселей на работу амортизатора. Анализ конструкции дросселей и их характеристик позволил рекомендовать управление размером площадей дроссельных отверстий в процессе работы амортизатора для улучшения его характеристик.

Work is directed on stabilizing of characteristics of hydraulic shock absorber, changing under the action of temperature. Experimental research allowed estimating the influence of throttle characteristics on work of shock absorber. The analysis of construction of throttles and their characteristics allowed recommending a management the size of areas of the choke openings in the process of work of shock absorber for the improvement of his characteristics.

Постановка проблеми, ціль та задачі дослідження. Експлуатаційні властивості автомобіля, безпека і комфорт людей в значній мірі залежать від характеристик його ходової частини. У склад ходової частини входять гідравлічні амортизатори [1, 4]. Напрямок вдосконалення амортизаторів є стабілізація характеристик у змінних умовах експлуатації, які є наслідком швидкості руху, рельєфу дороги, пори року, часу роботи та інших. Одним з факторів, які впливають на роботу амортизатора, є температура. Вона змінюється як від зовнішніх, так і від внутрішніх умов. Наприклад, зміна температури після початку руху автомобіля, за рахунок коливань кузова, на 20°C може призвести до зміни зусилля більш ніж у два рази. Характеристики амортизатора залежать від характеристик його елементів, зокрема від гідравлічних дроселів. Дослідження змін характеристик дроселів при зміні температури дозволить знайти шляхи покращення характеристик амортизатора.

Ціллю дослідження є стабілізація характеристик гідравлічного амортизатора. Задачами є:

- визначення дроселів, які впливають на роботу амортизатора, дослідження змін їх характеристик при зміні температури;
- дослідження впливу характеристик дроселів на характеристики амортизатора та встановлення шляхів їх стабілізації.

Експериментальні дослідження та результати. Демпфуючі властивості амортизатора є наслідком протискання рідини крізь дроселі клапанно-дросельного вузла, що виконані у поршні (рис.1). Визначення характеристик дроселів потребувало проведення експериментальних досліджень. Клапанно-дросельний вузол складається з дроселів, які виконані у вигляді отворів у поршні та клапанів, у вигляді дискових пластин, що притискаються пружинами до торцевої поверхні поршня. Клапани забезпечують роботу різної кількості дроселів для режимів “відбою” та “стиснення”. В експериментах потрібно було встановити витратну характеристику клапанно-дросельного вузла з врахуванням змін температури робочої рідини. Це потрібно було зробити для двох режимів роботи амортизатора (рис.2а) [3]. Виконання експерименту виявилось проблематичним у зв’язку з необхідністю встановлення характеристик вузла, який рухається під час роботи амортизатора. Проблема вирішена шляхом постановки зворотного експерименту: положення клапанно-дросельного вузла було зафіксовано, а робоча рідина пропускала через нього (рис.2б).

Можливість такого рішення ґрунтувалася на тому, що:

- при дослідженні використовувалися елементи амортизатора;

- витрати рідини крізь дроселі забезпечувалися однаковими з реальними умовами роботи амортизатора. Витрати рідини, які є наслідком руху поршня в умовах роботи амортизатора, відтворювалися в умовах експерименту відповідним перепадом тиску на зафіксованому поршні;
- умови роботи клапанно-дросельного вузла зведено до однакових: відсутність облітерації під час роботи амортизатора (внаслідок руху поршня) в експерименті, де поршень було зафіксовано, забезпечувалася вилученням стаціонарного режиму течії за рахунок різких змін перепаду тиску перед виконанням замірів витрат.

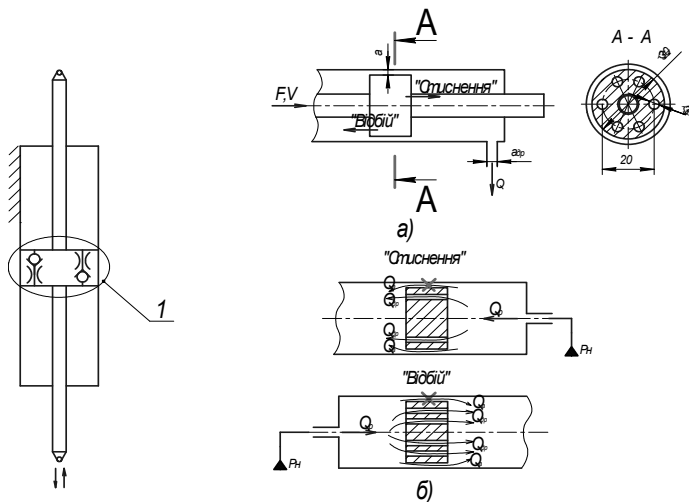


Рис.1 Принципова схема амортизатора (1–клапанно-дросельний вузол)

Рис.2 Схема експерименту (а–схема роботи амортизатора, б – схема імітації роботи дросельного вузла)

У якості дослідного зразка було використано елементи штатного автомобільного амортизатора. Дослідження проводилися за допомогою розробленого та виготовленого імітатора дросельного вузла та гідралічного стенду фірми «Фесто».

Методика проведення експерименту в залежності від режимів роботи складалася з наступних дій: для режиму «відбій» – подача робочої рідини на вхід А (для режиму «стиснення» – на вхід Б), встановлення тиску в лівій порожнині, заміру тиску на виході А (для режиму «стиснення» на виході Б), контролю температури робочої рідини та заміру витрат (рис.3).

Схема стенду вміщувала: імітатор дросельного вузла ІВ, насосну станцію НС, розподільник Р, редукційний

клапан КР, манометри на вході й на виході М2 та М3, електронний датчик температури Т1, витратомір об'ємного типу В та бак Б. Відповідні апарати були об'єднані згідно схеми та скомпоновані на панелі стенда (рис.4).

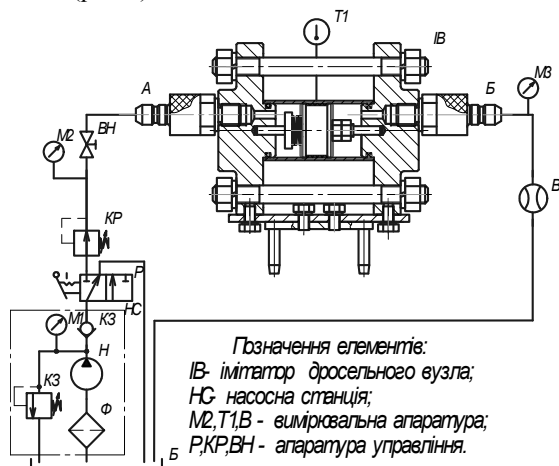


Рис.3 Схема експериментального стенду

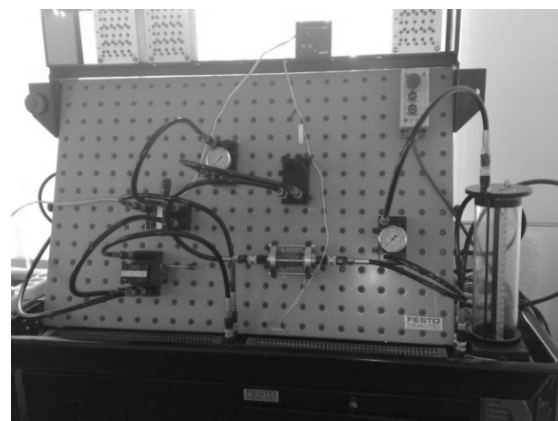


Рис.4 Загальний вигляд стенду

Експериментальні дослідження дозволили встановити витратні характеристики дроселів клапанно-дросельного вузла. Для режиму «відбій» експерименти було проведено для діапазону температур 11...45°C, а для режиму «стиснення» – для температур 9...45°C. Експерименти показали, що під час імітації «відбою» при перепаді тиску $\Delta p = 24$ бар в діапазоні температур 11 - 45°C витрата через дроселі змінювалася на 77 %, а для «стиснення» аналогічному перепаді тиску в діапазоні температур 9 - 45°C витрата змінювалася на 69% (рис.5, 6). Різна ступінь впливу дроселів, які працюють в режимі «відбою» та в режимі «стиснення», обумовлена різною кількістю активних дроселів.

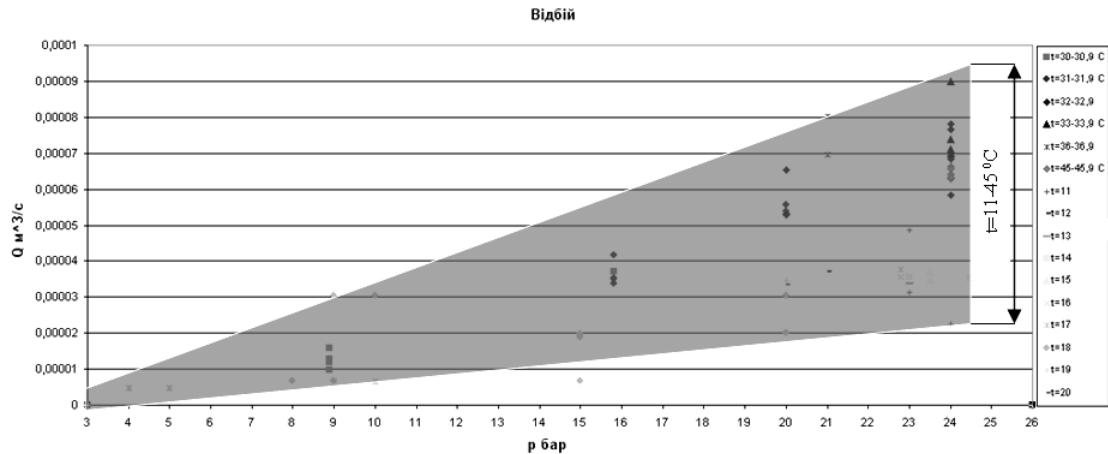


Рис.5 Залежність витрати через дроселі від перепаду тиску та температури для режиму “відбій”

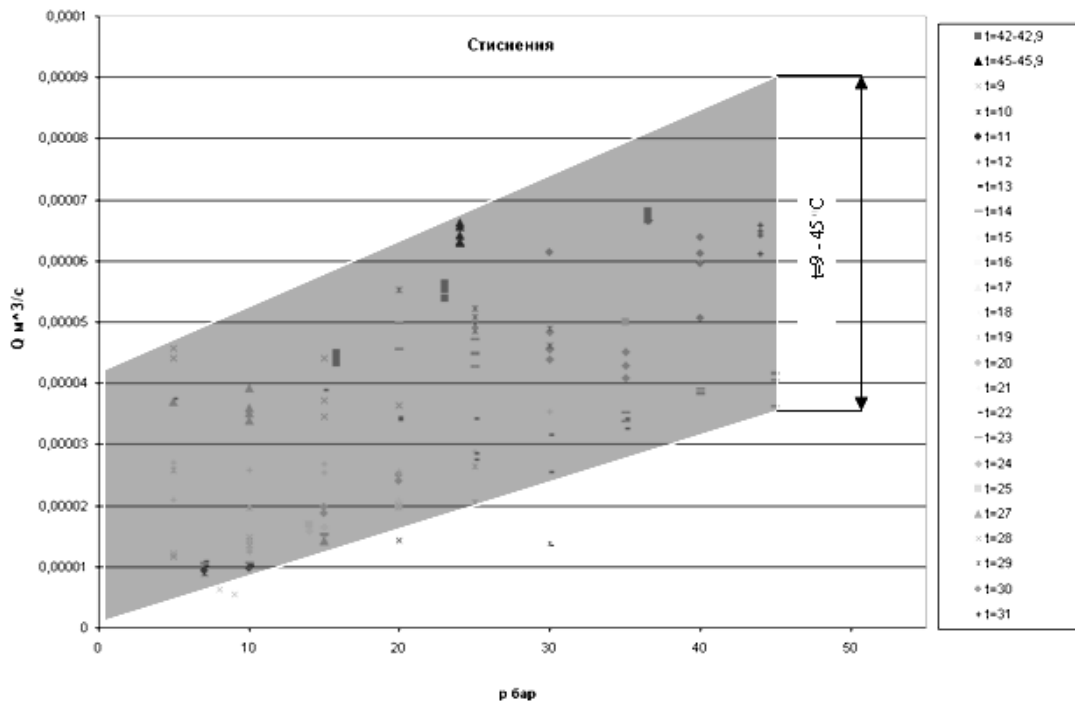


Рис.6 Залежність витрати через дроселі від перепаду тиску та температури для режиму тиснення

Отримані результати було використано для оцінки характеристик амортизатора. Шляхом розрахунків визначено залежності: між перепадом тиску на поршні і зусиллям, залежність між витратою рідини крізь дроселі і швидкістю руху штоку (рис.7, 8).

Кожна з прямих ліній показує зміну зусилля на штоку в залежності від швидкості руху поршню для відносно фіксованої температури (коливання температури складали не більше 2°C) (рис.7, 8). Загальний характер отриманих залежностей співпадає з характеристиками амортизаторів, що є відомими з літературних джерел [6, 7]. Результати показали значний вплив температури на характеристики амортизатора. Наприклад, при зміні температури з 9 до 45°C при швидкості руху штоку 1.7 м/с зміна сили опору амортизатора в режимі “відбою” складала приблизно 0,8 % на 1°C, а в режимі “стиснення” – приблизно 1,6 % на 1°C.

Суттєвість температурного впливу спричинила необхідність його врахування для стабілізації характеристик амортизатора. З урахуванням того, що характеристики амортизатора формуються на рівні характеристик його елементів, наступними кроками були більш глибокий аналіз гідравлічної схеми

амортизатора, визначення ступеню впливу елементів на його характеристики та встановлення шляхів їх стабілізації.

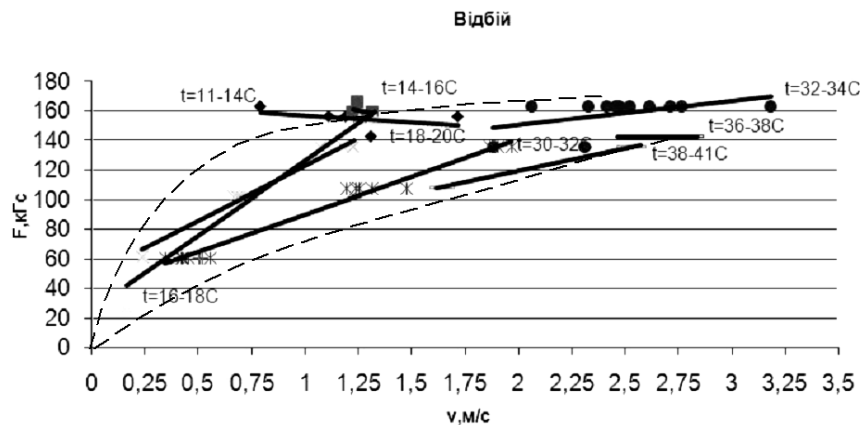


Рис.7 Залежність зусилля на штоку амортизатора від швидкості його руху та температури робочої рідини для режиму "відбою"

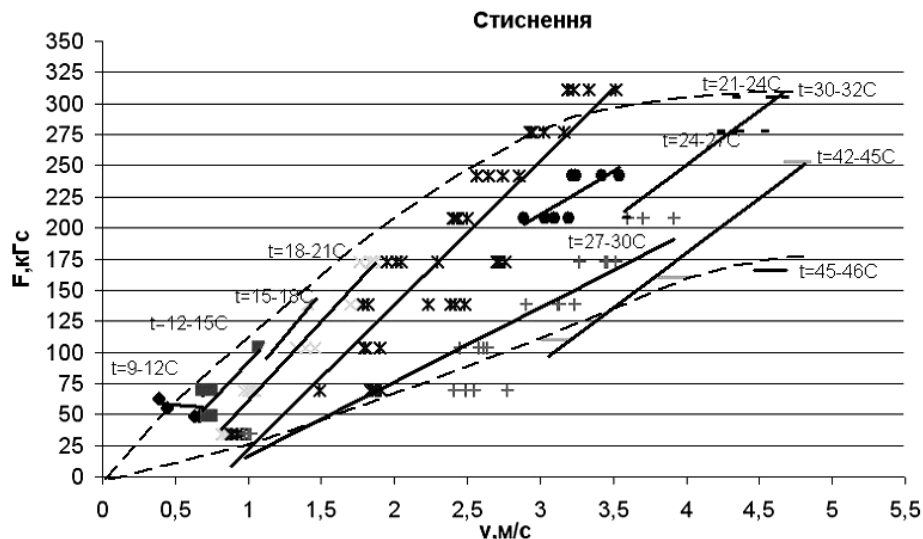


Рис.8 Залежність зусилля на штоку амортизатора від швидкості його руху та температури робочої рідини для режиму "стиснення"

Аналіз конструкції амортизатора дозволив виявити гідравлічну схему клапанно-дросельного вузла та встановити кількість дроселів, що визначають роботу амортизатора (рис.9). Визначено, що у вузлі є робочі дроселі у вигляді отворів у поршні та периферійний дросель, утворений зазором між поршнем та циліндром амортизатора (рис.10). Кількість робочих дроселів, які працюють на "відбій" та "стиснення", є різною. У режимі "стиснення" працюють два дроселі, а у режимі "відбій" – чотири дроселі. Робота дроселів забезпечується зворотними клапанами (рис. 9, K1 та K2).

Визначення ступеню впливу робочих та периферійного дроселів на характеристики амортизатора виконувалося шляхом встановлення співвідношення площ дроселів, через які проходить робоча рідина відповідно до кожного з режимів.

Площа периферійного дроселю:

$$S_1 = \frac{\pi D^2 - \pi d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 30^2 - 3.14 \cdot 29.9^2}{4} = 4.70215 \text{ мм}^2.$$

Площа одного робочого дроселю:

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 3^2}{4} = 7.065 \text{ мм}^2.$$

Загальна площа робочих дроселів для “відбою”:

$$S_2 = 4 \cdot S + S_1 = 32.960215 \text{ мм}^2.$$

Загальна площа робочих дроселів для “стиснення”:

$$S_3 = 2 \cdot S + S_1 = 18.83215 \text{ мм}^2.$$

Частина витрати робочої рідини, що проходить через робочі дроселі, по відношенню до периферійного дроселя відповідно до режимів роботи:

при “відбої”:

$$Q_v = \frac{(S_2 - S_1) \cdot 100\%}{S_2} = 85.73\%,$$

при “стисненні”:

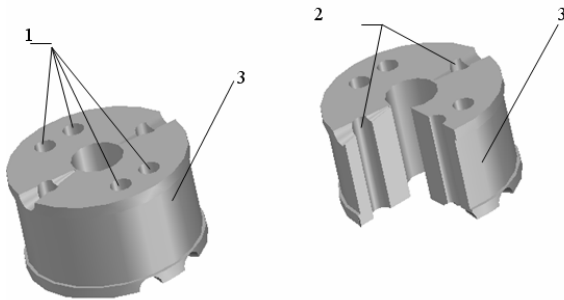


Рис. 10 Загальний вигляд клапанно - дросельного вузла (клапанні елементи не зображені) 1 - дросельні отвори, які працюють при “відбої”; 2 - дросельні отвори, які працюють при “стисненні”; 3 - бокова поверхня дроселя, яка сумісно з внутрішньою поверхнею циліндра амортизатора утворює периферійний дросель

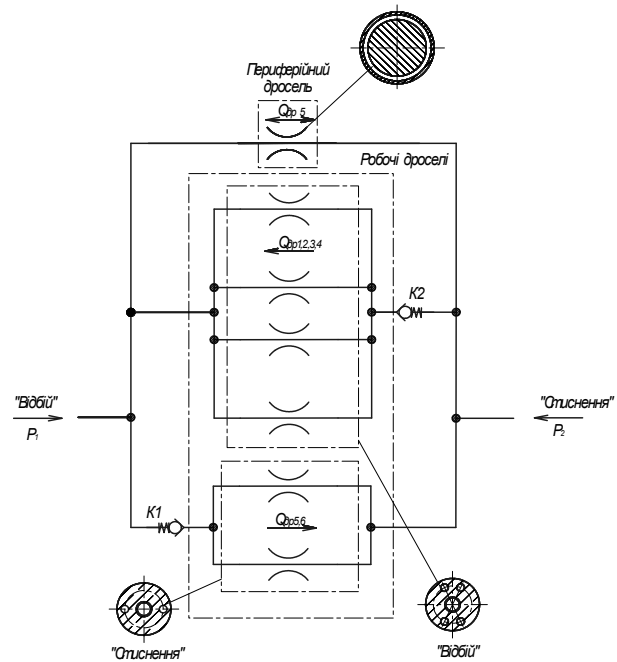


Рис.9 Гідравлічна схема клапанно-дросельного вузла амортизатора

$$Q_c = \frac{(S_3 - S_1) \cdot 100\%}{S_3} = 78.37\%.$$

Інша частина робочої рідини проходить через периферійний дросель:

$$Q_{nv} = 100 - 85.73 = 14.27\%,$$

$$Q_{nc} = 100 - 78.37 = 21.63\%.$$

Знання проценту рідини, що проходить крізь дроселі у двох режимах роботи амортизатора, дає змогу встановити вплив периферійного дроселю (таблиця 1).

Таблиця 1

Режим	Витрата робочої рідини через робочі дроселі, %	Витрата робочої рідини через периферійний дросель, %
“Відбій”	85.73	14.27
“Стиснення”	78.37	21.63

Коефіцієнти впливу периферійного дроселю на характеристики амортизатора для режиму “відбою” та “стиснення” визначаються:

$$K_v = Q_{nv} / Q_v = \frac{14.27}{85.73} = 0.166,$$

$$K_c = Q_{nc} / Q_c = \frac{21.63}{78.37} = 0.276.$$

Різний вплив периферійного дроселю на характеристики амортизатора для різних режимів його роботи пояснюється тим, що відношення площ робочих дроселів та площі периферійного дроселю змінюється за рахунок різної кількості активних дроселів. Відповідно, при зміні температурних умов роботи амортизатора, останні по різному впливають на його характеристики при різних режимах роботи. Це є одним з факторів, який треба враховувати для стабілізації характеристик при зміні температури. Другим фактором, що впливає на характеристики, є зміна в'язкості робочої рідини, що спричиняє зміну величини опору дроселів. Цей фактор також треба враховувати для стабілізації характеристик амортизатора.

Для стабілізації характеристик запропоновано змінювати площі робочих дроселів відповідно до зміни температури робочої рідини у процесі роботи амортизатора. Зміни потрібно здійснювати з врахуванням режиму роботи (таблиця 2).

Висновки

1. Показано, що дослідження характеристик рухомого дросельного вузла амортизатора може бути здійснено шляхом зворотного експерименту, в якому дросельний вузол є зафіксованим, а рух рідини забезпечено відповідним перепадом тиску.

2. Підтверджено залежність витратних характеристик дроселів від змін температури. Встановлено кількісні значення впливу температури на характеристики дроселів і амортизатора з врахуванням режиму роботи. При зміні температури з 9 до 45°C (при швидкості руху штоку 1.7 м/с) зміна сили опору амортизатора в режимі “відбій” складає приблизно 0,8 % на 1°C, а в режимі “стиснення” – приблизно 1.6 % на 1°C. При “стисненні” вплив температурних змін характеристик дроселів на характеристики амортизатора приблизно в 2 рази більший, ніж при “відбої”, що пояснюється співвідношенням площ робочих дроселів та площі периферійного дроселю. Визначено, що найбільший вплив температури на характеристику амортизатора спостерігається в діапазоні температур 30...50°C.

Таблиця 2

Режим роботи амортизатора	Температура робочої рідини, °C	Початкова площа робочих дроселів, мм ²	Потрібна площа робочих дроселів, мм ²	Зміна площі, що компенсує температурний вплив, %
“Відбій”	11	32.69	32.96	0
	14		25.77	28
	16		20.97	36.36
	18		19.78	40
	20		16.8	50.9
	30		13.18	60
	32		5.99	81.8
	34		5.39	83.6
	36		4.79	85.4
	38		2.99	90.9
	41		0.6	98.18
“Стиснення”	9	18.83	18.83	0
	12		16.28	13.5
	15		14.75	21.62
	18		13.23	29.73
	21		11.7	37.84
	24		8.65	54.1
	27		7.89	58.1
	30		4.58	75.6
	32		3.56	81.1
	42		3.05	83.7
	45		1.53	91.9
	46		1.02	94.6

3. Запропоновано шлях зменшення впливу температури на характеристики амортизатора за рахунок зміни загальної площі робочих дроселів залежно від температури та режиму роботи. Визначено величини потрібних змін площ робочих дроселів для заданого температурного діапазону.

Список літератури

1. Й. Райпель. Шасси Автомобиля Амортизаторы, шины и колеса. – Москва: «Машиностроение». – 1986. – 12с.
2. Эксплуатационные изменения динамических характеристик гидравлических демпфирующих устройств. [А.В.Узунов, В.Л.Чадова, А.А.Балагугин]. – Промислова гідравліка і пневматика Всеукраїнський науково-технічний вісник. - № 4 (10)'2005. – Стр.83-88.
3. Платонов В.Ф. Полноприводные автомобили. – М.:Машиностроение, 1989. – 321с.
4. Сошин А.П. Рождественский С.Н., Колесниченко К.А. Гидравлический демпфер для работы в широком диапазоне температур. – М.:Машиностроение, 1966.С. – 364 -369.
5. ОСТ37.001.084-84 Амортизаторы гидравлические телескопические автомобильные. Методы стендовых испытаний. – 1984 р.
6. <http://catalog.autodela.ru/good/view/4642>
7. <http://www.samara-lada.ru/tuning/articleletuning.html>